

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Racionalizace technologie obrábění těla snímače

Rationalization of machining the body sensor

Student:

Jaroslav Bříšťela

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Jaroslav Bříšťela**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace technologie obrábění těla snímače**
Rationalization of Machining of the Body Sensor
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor stávající technologie obrábění těla snímače.
2. Rozbor obrobiteľnosti obráběného materiálu - obrobiteľnosť slitin hliníku.
3. Návrh nové technologie obrábění.
4. Technicko – ekonomický přínos navrhovaného řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. 256 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Překl. M. Kudela. 1. vyd. Praha : Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
- [4] VASILKO, K.; MARCINČIN-NOVÁK, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inženýrstvo*. Prešov: FVT TU Košice v Prešove, 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



© VŠB-TUO, Fakulta strojní

Místopřisežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2016


.....
podpis studenta

© VŠB-TUO, Fakulta strojní

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „autorský zákon“); zejména § 35 autorského zákona - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 autorského zákona – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB -TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3 autorského zákona).
- souhlasím s tím, že bakalářské práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavře licenční smlouvu s oprávněním užít dílo – bakalářskou práci v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 16. 5. 2016



Jméno a příjmení autora práce: Jaroslav Bříšťela

Adresa trvalého pobytu autora práce: Staré Město, Seifertova 1554, 68603

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BŘÍŠTĚLA, J. *Racionalizace technologie obrábění těla snímače: Bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 44 s. Vedoucí práce: Sadílek, M.

Bakalářská práce se zabývá racionalizací technologie obrábění těla snímače. V úvodní části práce je popsán stávající stav technologie výroby včetně technologického postupu použitých nástrojů a zařízení. Hlavní náplň bakalářské práce tvoří návrh nové technologie obrábění těla snímače v podmínkách společnosti MESIT machining, s.r.o.

Racionalizace spočívá v komplexním návrhu nové technologie, technologického postupu a s tím souvisejících nástrojů, strojů a programů. Dále je zde vyhodnocen technicko-ekonomický přínos navrhovaného řešení. Cílem racionalizace je snížení nákladů na výrobu, úspora strojních časů a celkové zjednodušení a zkvalitnění výroby.

ANNOTATION OF THE THESIS

BŘÍŠTĚLA, J. *Rationalization of the machining the body sensor: Bachelor thesis.* Ostrava: VŠB -Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering metrology, 2016, 44 s. Thesis head: Sadílek, M.

The Bachelor thesis is dealing with the rationalisation of machining sensor body technology. The current state of the manufacturing technology, including the technological procedure of the used tools and devices, is described in the first part of the thesis. The main theme of the Bachelor thesis is the draft of new technology machining the body sensors in company MESIT machining, Ltd.

The rationalisation involves a complex proposal for a new technology, the technological process of related tools and machines and machines programs. Furthermore we compare the technical and economical benefits of the proposed solution. The aim of the rationalisation is to reduce the production costs, saving machine time and overall simplification and improvement of production.

OBSAH

Seznam použitých značek a symbolů	7
Úvod.....	8
1 Cíle bakalářské práce	9
2 Popis využití těla snímače.....	10
2.1 Rozbor kritérií na tělo snímače	10
2.2 Obrobitelnost hliníku a jeho slitin.....	11
3 Stávající řešení technologie výroby těla snímače	14
3.1 Základní polotovar	14
3.2 Stávající technologický postup	16
3.3 Použité stroje.....	20
3.4 Použité nástroje	21
3.5 Rozbor stávajícího technologického postupu.....	22
4 Návrh nového řešení výroby těla snímače	25
4.1 Použité stroje.....	26
4.2 Použité nástroje	28
4.3 Změny oproti stávající technologii výroby těla snímače	32
5 Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení	34
5.1 Závěr vyplývající z technicko-ekonomického zhodnocení navrhovaného řešení...	36
6 Závěr bakalářské práce	38
7 Poděkování.....	39
8 Seznam použité literatury	40
9 Seznam obrázků.....	42
10 Seznam tabulek.....	43
11 Seznam příloh	44

Seznam použitých značek a symbolů

CNC	Computer Numerical Control – počítačový řídicí systém	[--]
Č.m.	Číslo měřidla	[--]
Č.o.	Číslo operace	[--]
Č.s.	Číslo stroje	[--]
HB	Tvrdost dle Brinella	[--]
HSSCo	Rychlořezná kobaltová ocel	[--]
IT	Toleranční stupeň	[--]
KVO/SVK	Vícestrojová obsluha	[--]
Mk	Krouticí moment	[N.m]
NC	Numerical Control – číslicově ovládané stroje	[--]
P	Výkon motoru	[kW]
Re	Mez kluzu	[MPa]
Rm	Mez pevnosti	[MPa]
SK	Slinutý karbid	[--]
TAC	Čas strojní	[min]
TBC	Čas seřizovací	[min]
ÚJ	Útvar jakosti	[--]
ÚVN	Úplné vlastní náklady	[Kč]
ÚVN/ks	Úplné vlastní náklady/ počet kusů	[Kč/ks]
ÚVN/dávka	Úplné vlastní náklady/ dávka	[Kč/dávka]
a_p	Hloubka řezu	[mm]
f_{min}	Posuv minutový	[$mm.min^{-1}$]
f_{ot}	Posuv na otáčku	[$mm.ot^{-1}$]
hl. vř.	Hlavní vřeteno	[--]
m	Hmotnost	[kg]
n	Počet otáček	[$ot.min^{-1}$]

Úvod

Současným trendem velkých společností a nadnárodních firem působících v naší republice je snaha čím dál více snižovat náklady na vyráběných dílech doma nebo nakupovaných u dodavatelských společností. Společnosti, které se zabývají pouze službou, - tzn. že nevyrábí žádný finální produkt, ale zabývají se pouze zakázkovým obráběním, se opakovaně dostávají pod tlak na snižování cen, což v konečném důsledku znamená nutnost snižování výrobních časů.

Časy se dají snižovat dvěma způsoby – prvním z nich jsou technická opatření na stávajících technologiích, druhá možnost je investování do moderní, vysoce produktivní technologie, která je schopná zajistit razantní snížení výrobních časů. Zde je ale třeba se důkladně zamyslet nad ekonomickou stránkou, protože investice do moderních technologií ne vždy přináší očekávaný výsledek v tom nejdůležitějším, co každou firmu zajímá - tj. dosažení většího zisku.

Podnětem ke zlepšování není jen část ekonomická, ale v poslední době je kladen také velký důraz na 100% kvalitu, která se v čím dál větší míře nedá na klasických nebo zastaralých CNC strojích opakovaně dodržovat. V takových případech často nebývá jiné řešení, než přistoupit na detailní velkou racionalizaci nevyhovujících výrobních procesů převodem stávající výroby, prováděné zastaralou technologií na technologii novou, progresivní, umožňující výrobu dané součásti s velkou časovou úsporou při zabezpečení vysoké kvality výroby.

Ve své bakalářské práci jsem se snažil o zefektivnění technologického řešení obrábění konkrétního výrobku „Tělesa analyzátoru plynů“. V současné době se tento díl vyrábí částečně na klasických a částečně na CNC strojích.

1 Cíle bakalářské práce

Hlavním cílem bakalářské práce je nalezení nejvhodnějšího možného řešení technologie obrábění těla snímače v podmínkách společnosti MESIT machining, s.r.o. Řešením bude nová technologie výroby, která významně sníží čas nezbytný k výrobě těla snímače, minimalizuje počet nástrojů a upínacích přípravků, to vše při dodržení požadovaných podmínek na kvalitu, s důrazem na snížení výrobních nákladů daného dílu novou technologií výroby.

Pro dosažení těchto cílů bakalářské práce bylo potřeba provést:

- zhodnocení stávajícího stavu technologie obrábění,
- seznámení se s aktuálním strojním vybavením a výrobními možnostmi společnosti MESIT machining, s.r.o.,
- posouzení obrobitelnosti materiálu daného těla snímače,
- návrh nové technologie obrábění součásti s dodržением požadovaných podmínek na přesnost,
- ověření a zhodnocení nové technologie v praxi,
- technicko-ekonomické porovnání stávající a nové technologie.

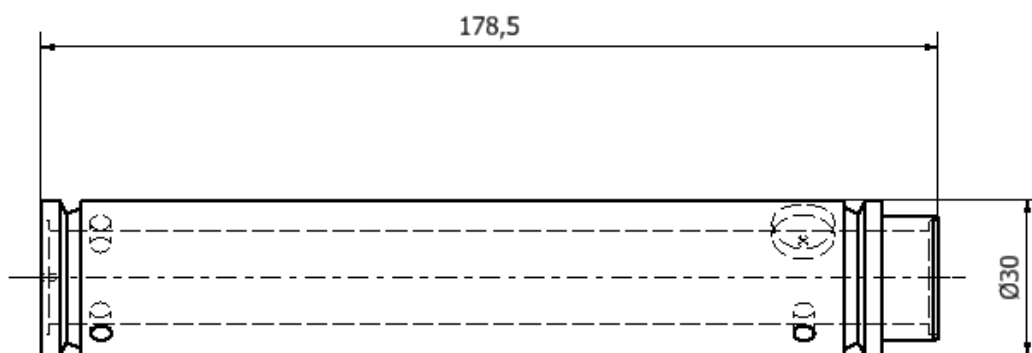
2 Popis využití těla snímače

Vybranou součástí je **tělo snímače** (obr. 1), které je jedním z mnoha prvků sestavy zařízení Analyzátorů plynů, které společnost MESIT machining, s.r.o. dodává zákazníkovi jako hotovou součást k následnému zkompletování celého zařízení.

Používá se v různých laboratorních, vědeckých a průmyslových zařízeních k analýzám plyných látek.

Z technologického hlediska se zde jedná o typickou rotační součást, kde největší podíl na výrobě mají CNC soustruhy.

Výrobní postup můžeme rozdělit na dvě části a to na přípravu základního polotovaru a dále na vlastní obrábění těla snímače.



Obr. 1: Tělo snímače-nákres

2.1 Rozbor kritérií na tělo snímače

Na tělo snímače jsou kladeny následující kritéria (viz příloha B - Výkres těla snímače)

Zdroj: [4]

Z pohledu obrábění

- Dodržet geometrickou přesnost, zejména souosost, kolmost, házivost, kruhovitost, souměrnosti, rovinnosti;
- Dále dodržet rozměrovou přesnost a všechny dané tolerance předepsané na výrobním výkrese;
- Zachovat přepážku v základním polotovaru po celé délce bez poškození.

Z pohledu technologického

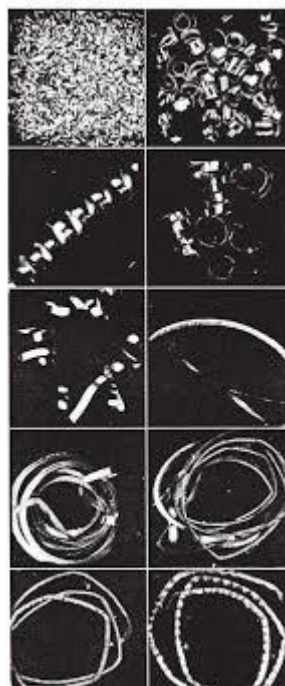
- V maximálním rozsahu využít stávající strojní vybavení a hmotné zázemí společnosti MESIT machining, s.r.o;
- Zajistit aby v průběhu jednotlivých operací bylo zajištěno nepoškození opracovaných hran a povrchů.

2.2 Obrobitelnost hliníku a jeho slitin

Pojem obrobitelnosti hliníkových slitin se skládá z řady vlastností a parametrů. Mezi základní parametry patří požadavek na dodržení přesností obrobku, které jsou ovlivňovány životností nástrojů, řeznou silou, vyžadovanou kvalitou opracovaného povrchu a požadovaným tvarem třísky pro daný způsob obrábění. Obrobitelnost není závislá pouze na fyzikálních a mechanických vlastnostech ale i na stavu polotovaru užívaného k obrábění, jako například tvrdost, houževnatost a samotná struktura.

Obecně lze říci, že hliníkové slitiny patří ve srovnání s ostatními kovovými konstrukčními materiály mezi ty lépe obrobitelné. Ve srovnání s oceliemi stejné pevnosti jsou řezné síly u hliníkových slitin výrazně menší. Výrazný rozdíl je u hliníkových slitin mezi obrobitelností čistého hliníku řady např. 20, kde je obrobitelnost velmi špatná, kdežto u hliníkových slitin řady 60 je velmi dobrá. Tento rozdíl v obrobitelnosti spočívá ve struktuře.

Jedním z nejdůležitějších parametrů pro vyhodnocování obrobitelnosti je tvar třísky. Pro vyhodnocování podle tvaru třísky se používá výlučně vizuálního hodnocení, kdy třísky dělíme podle tvaru do 5 skupin.(viz obr. 2)



Obr. 2: Rozdělení třísek podle tvaru

Zdroj: [5]

Hliníkové slitiny dělíme z hlediska obrobitelnosti do tří skupin. Jedná se o slitiny slévárenské, tvářené a speciálně určené pro obrábění, které se nazývají automatové.

Všeobecně platí, že **slévárenské hliníkové slitiny** obsahují jako hlavní legující prvek měď (Cu), hořčík (Mg) nebo zinek (Zn), jsou dobře obrobitelné a není nutné při obrábění počítat s nějakými většími problémy. Jejich obrobitelnost je srovnatelná s tvářenými slitinami. Vliv na případné zhoršení parametrů obrábění u hliníkových slitin může mít vznik lunkrů (výskyt nespojitostí oxidických vrstev, nekovových vměstků), které vznikají při odlévání materiálu, kdy není dodržena správná technologie přípravy materiálu hliníku před samotným litím. Hliníkové slitiny, které jsou legovány jako hlavním prvkem křemíkem (Si), je nutné obrábět při nižších rychlostech a posunech. Zde vzrůstá opotřebení nástrojů úměrně s obsahem křemíku (Si). Opotřebení nástrojů způsobují tvrdé částice křemíku. Výjimkou jsou slitiny s obsahem křemíku (Si) kolem 12 %, které se vyznačují měkkou strukturou, do které se tvrdé části křemíku (Si) při obrábění zatlačují. V případě tepelného zpracování (vyšší pevnost) dochází ke změně struktury (mění se měkká struktura ve více pevnou, do níž se tvrdé části křemíku (Si) nezatlačují), tím se zvyšuje opotřebení až do stavu poškozování ostrých nástrojů. Typická pro tuto slitinu s vyšším obsahem křemíku (Si) je lámavá tříska.

Tvářené slitiny nesou výborné charakteristiky obrábění. Zde je třeba pro dosažení optimálních podmínek u jednotlivých slitin dodržovat parametry obrábění a geometrie řezných nástrojů. U neztužených slitin se tvoří dlouhá spojitá tříška, která dělá při obrábění problémy s případným poškozováním povrchu, případným zničením (zlomením) nástroje. V průběhu výroby se musí mechanicky ze stroje odstraňovat a tak dochází ke snižování produktivity práce. Obrobitelnost tvářených slitin se zlepšuje tepelným vytvrzováním. Hliníkové slitiny ve tvrdém stavu dosahují i lepší opracování, výborně se opracovávají. Ve vytvrzeném stavu je tříška obvykle dlouhá a stočená (viz obr. 2), v některých případech se snadno láme.

Automatové slitiny jsou legovány prvky s nízkou teplotou tání jako např. olovo (Pb), bismut (Bi), antimon (Sb) a kadmium (Cd). Tyto legující prvky vytváří lepší podmínky pro vznik (tvorbu) drobné lámavé třísky po obrábění. Při správném rozpuštění těchto měkkých částic dochází při zvýšených teplotách na hraně řezného nástroje k tvorbě drobných třísek. Z hlediska opotřebení nástrojů jsou automatové slitiny porovnatelné a i při vysokých řezných rychlostech, kolem 1000 ot /min je jejich opotřebení poměrně malé. Mezi nejpoužívanější automatové slitiny patří vytvrzované slitiny řady 2024 a 6061, které jsou legované olovem (Pb) a bismutem (Bi). V posledních letech, kdy je ze strany ekologů vyvíjen tlak na snižování nebo úplné zrušení používání olova (Pb) jako legury, je olovo (Pb) nahrazováno cínem (Sn).

Zdroj: [5]

Pro výrobu popisovaného dílce (č. v. BRI0022-02) je navržen materiál EN AW 6063 T5. Jedná se o hliníkovou slitinu tvářenou s obsahem následujících prvků:

Tab. 1: Chemické složení EN AW 6063 (%)

Zdroj: [6]

Materiál		Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti	Mg
EN AW 6063	min max	0,20 0,35	0,35	0,10	0,10	0,10	0,10	0,45 0,90

3 Stávající řešení technologie výroby těla snímače

3.1 Základní polotovar

Pro výrobu polotovaru k výrobě těla snímače je používána slitina hliníku.

- Konkrétně pro posuzovaný případ je používán lisovaný polotovar z materiálu dle EN AW 6063-T5;
- Vlastnosti materiálu AlMg0,7Si;
- Patří do skupiny 6... – slitina hliníku s hořčíkem a silikonem;
- Stav T5 = ochlazený z kalící teploty a následným umělým stárnutím (zahřátí na 160 °C), výdrž na teplotě je závislá dle velikosti kusu cca od 2 do 8 hodin a chladnutí na vzduchu.

Zdroj: [6]

Použití EN AW 6063

Pohledové části oken, dveří, fasád, interiérové vybavení, rámové systémy, osvětlení, žebříky, zábradlí, části chladičů, elektronické moduly, kryty elektromotorů, flexibilní montážní systémy, speciální strojní prvky, podlahy kamionů a přívěsů, pneumatické instalace, železnice, vnitřní použití, zavodňovací trubky, nábytek, kancelářské vybavení, použití pro radiátory a ostatní výměníky tepla.

Velmi dobrá odolnost proti korozi. Velmi dobrá svařitelnost. Střední mez únavy. Dobrá tvářitelnost. Vhodná k všeobecnému použití. Standartní dekorativní a eloxovatelná kvalita.



Obr. 3: Polotovar těla snímače

Složení a základní parametry hliníku EN AW 6063

Tab. 2: Vlastnosti a chemické složení EN AW 6063

Zdroj: [6]

Materiál			Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti	Mg
	min	max	0,20	0,35	0,10	0,10	0,10	0,10	0,45
EN AW 6063			0,35						0,90

Mechanické vlastnosti

Zdroj: [2]

- Mez pevnosti v tahu R_m 245 [Mpa];
- Mez pevnosti kluzu $R_p 0,2$ 195 [Mpa];
- Tvrdost dle Brinella HBW 75 [N].

3.2 Stávající technologický postup

V současnosti se tělo snímače vyrábí dle následujícího technologického postupu. Nynější technologický postup byl navržen při zavádění této výroby do provozu. (Tab. 2)

Vzhledem k výhledu velkosériové výroby je tento technologický postup z kapacitních důvodů dále nevýhodný.

Tab. 3: Stávající technologický postup výroby těla snímače

Zdroj: [8]

TECHNOLOGICKÝ POSTUP (Původní)							Listů	List
							3	1
Sestava			č. sestavy		č. výkresu BRI0022-02			
Výrobek tělo snímače					Série		K/výr	Počet kusů
								1
Pos.	ks	Hmotnost	Rozměry polotovaru	Jakost materiálu	ČSN	Kč		
	1	0,221 Kg	Ø32-3000	EN AW 6063	424400			

TBC -- čas seřizovací

TAC --čas strojní

Tab. 4: Rámcový Stávající technologický postup výroby těla snímače

Zdroj: [8]

Č.o.	Pracoviště, popis práce	Speciální nástroje a přípravky	Celkový čas [min]	
			TBC	TAC
010	Pila pásová PEGAS 350x 400 CNC -Řezat na délku 208+1 mm		10,00	1,00
020	Soustruh hrotový univerzální S Přerovnat čela z obou stran pro odstranění nerovností po řezu, dodržet kolmost k pr. 32 max 0,02. K přerovnání použít ARNO WCGT 080408FN-ALU.Otvor nehrotovat a obrobit s minimálním otřepem, pro podepření upraveným hrotem s drážkou. Přerovnat s přídavkem pro obrábění na délku větší jak 206 mm.	ARNO WCGT 080408FN-ALU	35,00	2,00

030	Soustruh hrotový univerzální S Otočnou demontovanou část upraveného hrotu Psss1_0311899 upnout do vytočených čelistí házivost hrotu na pr. 18 max 0,01mm podepřít koněm s upraveným hrotem, nepoškodit přepážku v otvoru, soustružit pr. 30-0,1 v celé délce. Kontrolovat Háživost pr. 30-0,1 a pr. 18 max. 0,05 mm	Upravený Hrot Psss1_0311899	35,00	3,50
040	Soustruh HAAS Soustružit součást dle programu č. 8500 Průměr 22,2 vyrobít v toleranci +0 +0,04	T6,T4,T5	80,00	2,30
050	Soustruh HAAS Soustružit součást dle programu č. 8501	T6,T4,T5,T8	80,00	2,50
060	Práce zámečnická Škrabákem hrotovat profil uvnitř – příčku a useč od pr. 18 Hrana musí být sražena minimálně – jen odkrojit.		10,00	2,50
070	Obráběcí centrum HAAS VF4 Obrábět dle programového listu Programový list č: 3783 Včas měnit nástroje – následně se nehrotuje.	T15,T30,T32	120,00	2,00
080	Obráběcí centrum HAAS VF2 SS Obrábět dle programového listu Programový list č. 3784 Včas měnit nástroje – otvor pr. 1,5 se nehrotuje, otvory pr. 4 se s otřepy hrotují jen velmi obtížně!!	T25,T40,T32	240,00	6,50
090	Práce zámečnické Hrotovat po frézování hrotují se otvory pr. 4 háčkem ze strany závitů M6x0,5. Jen lehce, není třeba vytvořit na hraně sražení. Hrotovat okraj zahloubení na pr. 12,1 – pozor: nepoškrábat dno u tohoto zahloubení. Sražení i M6x0,5 se nehrotuje – musí být hotové z frézy. Otvor pr. 1,5 se taktéž nehrotuje. Musí být vyvrtáno bez otřepu.		10,00	4,50

100	Kontrola Koneč. dle NH 3502-33		0,00	0,00
110	Ultrazvuková čistící linka Vyprat a vysušit na UZ lince		20,00	1,00
120	K-doprava		0,00	0,00
130	Kooperace Čistit dle WN 318-017 a provést operaci Extrude gehont u označených ploch Fy Kennametall	E 200,0	0,00	0,00
140	Kontrola Koneč. dle NH 3502-33		0,00	0,00

Jednotlivé programové listy jsou uvedeny v příloze: G-č. 8500, H-č. 8501, I-č. 3783, J-č. 3784

VÝTAH Z NH – 3502-33 – Zásady, způsob předepisování a provádění kontroly výroby

Kontrola prvního kusu a kontrola prováděná pracovníkem v průběhu operace není technologickým postupem zvlášť uváděna. Je pravidlem a součástí každé výrobní operace.

Kontrola prvního kusu

Po každém seřízení či úpravě stroje, úpravě výrobních pomůcek a zařízení, před započítím výroby série, je každý pracovník povinen předložit po vyrobení prvního kusu příslušné operace zhotovenou součást ke kontrole. Pracovník kontroly provede kontrolu zhotovené součásti v souladu s požadavky technického výkresu a příslušné operace technologického postupu.

Kontroluje se

- celkový vzhled a jakost provedení,
- rozměry zhotovené v příslušné operaci,
- jakost opracování,

- rozsah provedené práce,
- ostatní příkazy uvedené na výkrese nebo v technologickém postupu, vztahující se k provedení operace.

K provedení kontroly jsou použita kontrolní měřidla, zařízení a pomůcky, které jsou součástí pracoviště dílenské kontroly.

Pracovník může zahájit další výrobu součástí jedině po schválení vyrobeného kusu pracovníkem ÚJ (útvary jakosti). (Schválený dílec je uložen po dobu prac. Směny na místě označeném UVOLNĚNÝ DÍLEC !!! – pozn. Ved. ÚJ)

Kontrola prováděna pracovníkem

- pracovník zhotovuje součást v souladu s výkresem a technologickým postupem,
- během provádění operace provádí kontrolu rozměrů dle požadované přesnosti.

Při obrábění ploch vnějších a vnitřních provádí kontrolu v tomto rozsahu

Tab. 5: Kontrola při obrábění ploch vnějších

Zdroj: [8]

Přesnost rozměrů	IT 8 až 12	IT 9 – 10	IT 11 – 12	Nad IT 12
Měřit	Každý kus	Každý 3. kus	Každý 5. kus	Každý 10. kus

Při řezání závitů v tomto rozsahu

Tab. 6: Kontrola při řezání závitů

Zdroj: [8]

Způsob řezání	Nožem	Závitovými čelistmi	Kruh. čelistmi	Závitníkem
Měřit	Každý kus	Každý kus	Každý 3. kus	Každý 5. kus

Jakost opracování a provedení se kontroluje 100 %.

3.3 Použité stroje

Zde uvádím podrobný přehled strojů, jimiž společnost disponuje, především ty, které budou dále využívány k výrobě těla snímače. Kromě níže uvedených strojů je společnost vybavena velkým množstvím CNC frézovacích a soustružnických center, omílacích strojů, ale také klasických strojů jako jsou vrtačky brusky a odvalovací frézky.

Tab. 7: Seznam strojů

Zdroj: [7,9,10,11,12]

Č.s.	Název stroje	Druh stroje	Výrobce stroje
1	Pegas- Gonda 350x 400 CNC	Pásová pila	Pegas-Gonda s.r.o. Slavkov u Brna
2	Soustruh hrotový univerzální SV 18R	Klasický soustruh	TOS Trenčín, a.s. Súvoz 1, Trenčín
3	HAAS CNC SL-30	Revolverový CNC soustruh	HAAS Automation, Inc Oxnard USA
4	HASS VF-2 SS	CNC vertikální obráběcí centrum	HAAS Automation, Inc Oxnard USA
5	HAAS VF4	CNC vertikální obráběcí centrum	HAAS Automation, Inc Oxnard USA

Stroje jsou zde seřazeny podle technologického postupu, jak jdou operace za sebou.

3.4 Použité nástroje

Zde je seznam všech nástrojů a měřidel použitých při výrobě těla snímače stávající technologií výroby uveden v tabulce 8.

Specifická volba nástrojů se provádí pouze u nástrojů použitých na CNC strojích.

Tab. 8: Seznam nástrojů Stávající technologický postup

Zdroj: [14]

Druh nástroje	Průměr nástroje	Číselné označení	Nástroj č.
NC navrtávák	Ø4mm	SK 121020 GARANT	T4
NC navrtávák	Ø5mm	SK 121020 GARANT	T5
Stopková fréza	Ø6mm	202280 HOLEX	T6
NC navrtávák	Ø8mm	SK HOFFMAN 121020	T8
Vrták	Ø1,5mm	SK 122100 GARANT	T15
Závitová fréza	(M3)	SK HOFFMAN 139650	T25
Stopková fréza	Ø3mm	202280 HOFFMAN	T30
Vrták	Ø1mm	HOFFMAN 121220	T32
Vrták	Ø1mm	HOFFMAN 121220	T32
Vrták	Ø4mm	SK 122431 GARANT	T40
Soustružnická břitová destička	--	ARNO WCGT08408FN-ALU	
Pilový pás	--	SPECTRA M42	

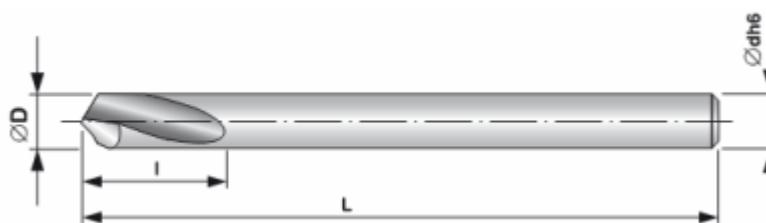
Tab. 9: Seznam měřidel Stávající technologický postup

Zdroj: [8]

Č. m	Druh měřidla	Číselné označení
1	3D měřidlo	LK integra CNC
2	Projektor	ZK 01250C
3	Závitový kalibr	M4x0,5 M6x0,5
4	Posuvné měřítko	Rozsah 0 – 300 mm

NC navrtávák je nástroj pro přesné navrtání otvorů na CNC strojích před vlastním vrtáním. Vyznačuje se krátkou drážkou ve šroubovici a na rozdíl od standardního vrtáku nemá žádné odlehčení. Tím je zajištěna maximální možná tuhost tohoto nástroje. NC navrtáváky jsou vyráběny z materiálu HSSCo nebo TK.

Navrtávák má poměrně široké využití, používá se pro navrtávání děr v celé řadě materiálů od ocelí, přes nerezavějící ocel, kompozity, mosaz, titan, slitiny hliníku, až po plasty nebo dřevo. Je možné jej využít i pro srážení hran a odstraňování ostřin. Jeden průměr navrtáváku lze obvykle použít pro velký rozsah vrtaných děr. Typický průměr předvrtávané díry je 50 % až 70 % vrtané díry.



Obr. 4: Značení navrtáváků

Zdroj: [14]

3.5 Rozbor stávajícího technologického postupu

Dosavadní způsob výroby vychází z aktuálního strojního vybavení společnosti, byl poměrně složitý, skládal se z celkem 9 výrobních operací.

- **Operace 010** – řezání polotovaru na pásové pile na délku 208+1 mm;
- **Operace 020** – přerovnání obou čel na klasickém soustruhu tak, aby byla zabezpečena kolmost na vnější průměr polotovaru do 0,02 mm. Důležité zde bylo obrobení obou čel s minimálním otřepem kvůli požadavku na nehrotování otvorů, aby bylo zabezpečeno co nejpřesnější upnutí v následující soustružnické operaci vůči ve výchozím polotovaru hotově předzhotoveným otvorům. Délkově se tato operace prováděla s přídavkem na čelech pro další obrábění minimálně 2,5 mm;
- **Operace 030** – přesoustružení vnějšího povrchu po celé délce na klasickém soustruhu. K tomu bylo nutno použít speciální přípravky, které umožnily upnutí polotovaru za podélné otvory s přepážkou a zabezpečily tak souosost obráběného vnějšího průměru s vnitřními rozdělenými otvory do maximální úchylky 0,05 mm. Důležitá při této operaci byla opatrná manipulace, musel být kladen důraz na nepoškození středové příčky, protože k němu zpočátku často docházelo a díly s poškozenou příčkou již nebylo možné dále zpracovat;

- Těmito dvěma operacemi byla zabezpečena souosost vnějšího průměru s vnitřními otvory v dostatečné přesnosti tak, aby se polotovár mohl při dalším obrábění upínat za vnější obrobený válcový povrch;
- **Operace 040 a 050** – upnutí za vnější průměr s dotlačením k čelnímu dorazu a soustružení levého a pravého konce dílce na CNC revolverovém soustruhu. Pro tuto výrobu bylo klíčové přesné vytočení čelistí, protože bylo nutné kus co nejpresněji upnout, aby byly dodrženy požadavky na souosost vnějších průměrů s vnitřními přepážkou rozdělenými otvory do maximálně 0,05 mm. Při provádění těchto operací bylo mimo samotné přesné upínání také nutné sledovat opotřebení nástrojů obrábějících vnitřní zahloubení o průměru 22,2 mm, aby se při soustružení čela na tenké středící přepážce v otvoru na ní netvořily příliš velké otřepy, které by pak komplikovaly další výrobní operace. Také bylo hodně důležité, aby ve středu dílu nezůstávala jakákoliv nedoobrobená část, přepážka nesměla být hlavně nijak vypouklá, protože na ní ve výsledné sestavě přesně dosedá skleněný protikus. Z tohoto důvodu bylo dohodnuto, že se v ose dílce na obou čelech může zhotovit drobný důlek, kterým se nebezpečí nedosednutí protikusu na rovné čelo přepážky minimalizovalo;
- **Operace 060** – na pracovišti ručních úprav z obou čel jemné hrotování celého soustružením vzniklého vnitřního obrysu, tj. příček a kruhových úsečí o průměru 18 mm. Hrotování se provádělo jen minimálně a to technickým škrabákem, důvodem byl požadavek na co největší rovnou styčnou plochu na čelech profilu kvůli zabezpečení maximálně možné kontaktní plochy pro vkládaný a do daného místa lepený skleněný protikus;
- **Operace 070** – vrtání čelních otvorů pr. 1,5H11 na obou čelech, na jednom čele dvakrát a na druhém jedenkrát. Toto vrtání se provádělo na vertikálním frézovacím CNC stroji ve speciálních čelistech připevněných do svěráku upnutého bočně na stolu stroje. Pevná čelist byla prismatická, čímž se zabezpečilo podélné ustavení obrobku, ve spodní části pak byla podložka s dorazovým kolíkem, díky které se obráběný dílec ustavoval výškově a při pootáčení kusu v prismatu se obrobek jemně dotlačel středovou příčkou k dorazovému kolíku, čímž byla obráběná součástka zapolohována úhlově. Poté byl kus upnut přitlačením druhé, rovné čelisti. Stejným způsobem bylo upínání prováděno při vrtání otvorů z jednoho a pak i druhého čela součásti. Důležitým faktorem v této operaci byly ostré nástroje, které musela obsluha pracoviště hlídat a včas měnit, protože nesměly způsobovat vyhrnutí materiálu do čela dílce, tyto otvory se již nehrotovaly;

- **Operace 080** – zhotovování otvorů a závitů na válcové části dílce. Výroba těchto otvorů a závitů pod různými úhly vůči středové příčce a v různých podélných pozicích se prováděla na vertikálním frézovacím CNC stroji vybaveném přídatnou rotační osou při upnutí pomocí polohovací vložky, která se upínala do tříčelistového sklíčidla na rotační ose a díky níž se obráběný dílec polohoval pro obrábění pomocí dvou unášecích kolíků do čelních otvorů v obrobku, které byly zhotoveny v předchozí operaci. Řádné upnutí se pak zabezpečovalo osovým přitlačením dílce proti vložce ve sklíčidle pomocí koníku přes jednoduchou válcovou vložku, která se vkládala do vnitřního osazení o průměru 22,2 mm. I v této operaci bylo nutné hlídat a včas měnit hlavně používané vrtáky, protože opotřebené nástroje způsobovaly otřepy na přechodu vrtaných otvorů do vnitřní dutiny, které se ale hrotují příliš obtížně, malé otvory o průměru 1,5 mm se dokonce nedaly hrotovat vůbec, protože hrozilo nebezpečí poškození povrchu uvnitř podélných úsečových otvorů;
- **Operace 090** – hrotování po frézování. Muselo být prováděno hodně jemně, proniky otvorů průměru 4 mm do vnitřních podélných dutin se jemně odjehlovaly z vnější strany úzkým hrotovacím nástrojem a to jen lehce, aby nedošlo k poškození vnitřku středové dutiny, hrotovaly se také okraje válcového zahloubení průměru 12,1 mm na vnější ploše dílce s tím, že bylo nutné dbát na nepoškrábání čel tohoto zahloubení. Ostatní proniky se nehrotovaly, neboť by nebylo zajistitelné jejich řádné odjehlení v opakovatelné kvalitě, tyto proniky mohly zůstat neodjehlované, ostré, ale nesměly v nich zůstat otřepy, což byl požadavek, který musel být zabezpečen již při provádění předcházející operace.

Po této operaci následovala konečná kontrola dílců, po jejímž provedení byly dobré, uvolněné kusy ještě vyčištěny od jemných nečistot a mastnot v ultrazvukové čistící lince s oplachovou a také sušicí zónou. Tímto vyčištěním byl proces výroby dílců ukončen a kusy poté byly předávány do skladu polotovarů.

Takto vyrobené a vyčištěné kusy však ještě nebyly dodávány zákazníkovi, před odesláním odběrateli se na nich ještě v externí kooperaci prováděly dvě speciální operace. Při první kooperační operaci se u vnitřních ploch vyznačených na výkrese prováděla předepsaná operace "extrude gehont", jejímž účelem bylo vyčištění vnitřních povrchů součásti a také částečné začištění proniků otvorů provrtaných do vnitřku dílce z vnější strany dílce. Takto mechanicky vyčištěné díly jsou předány k provedení chemického leštění celé součástky.

4 Návrh nového řešení výroby těla snímače

V nově navrhované technologii výroby je kladen důraz na co největší zjednodušení a zefektivnění výroby dílce těla snímače. Původní způsob výroby uvedeného typu dílce s 9 výrobními operacemi byl poměrně složitý, časově náročný, vyžadoval vysokou kázeň a kvalifikaci pracovníků a v neposlední řadě byl nákladný. Proto se hledaly cesty k zjednodušení této výroby (úspory výrobních kapacit). Jako nejvýhodnější řešení se ukázalo tuto výrobu zavést na dvouřetenovém soustružnickém obráběcím centru se dvěma revolverovými hlavami Nakamura WT-150II, které bylo do firmy pořízeno.

Zde je uveden nový technologický postup

Tab. 10: Nový technologický postup výroby těla snímače

Zdroj: [8]

TECHNOLOGICKÝ POSTUP (Nový)							Listů	List
							1	1
Sestava			č. sestavy		č. v. BRI0022-02			
Výrobek tělo snímače				Série		K/výr	Počet kusů	
							1	
Pos.	ks	Hmotnost	Rozměry polotovaru	Jakost materiálu	ČSN	Kč		
	1	0,221 Kg	Ø32-3000	EN AW 6063	424400			

Tab. 11: Rámcový Nový technologický postup výroby těla snímače

Č.o.	Pracoviště, popis práce	Speciální nástroje a přípravky	Celkový čas [min]	
			TBC	TAC
010	Soustruh NAKAMURA WT-150 Soustružit součást dle programu č. 0007	Atypický polohovací doraz přepážky	480,00	7,50
020	Práce zámečnická Hrotovat po frézování: Škrabákem hrotovat profil uvnitř – příčku a úseč od pr. 18. Hrana musí být sražena minimálně – jen odkrojit Hrotují se otvory pr. 4 háčkem ze strany závitu M6x0,5. Jen lehce,		10,00	7,00

	není třeba vytvořit na hraně sražení. Hrotovat okraj zahloubení na pr. 12,1 -pozor: nepoškrábat dno u tohoto zahloubení. Sražení M6x0,5 se nehrotuje – musí být hotové z frézy. Otvor pr. 1,5 se také nehrotuje. Musí být vyvrtáno bez otřepu.			
030	Kontrola koneč. dle NH 3502-33		0,00	0,00
040	Ultrazvuková čistící linka Vyprat a vysušit na UZ lince (způsob čištění splňující požadavky na čistotu odpovídající předpisu WN318-017)		20,00	1,00
050	K- doprava		0,00	0,00
060	Kooperace Čistit dle WN 318-017 – provést operaci extruze gehont u označených ploch		0,00	0,00
070	Kontrola koneč. dle NH 3502-33		0,00	0,00

Programovací list č. 0007 je uveden v příloze K

4.1 Použité stroje

Dvouvřetenové soustružnické obráběcí centrum NAKAMURA WT-150 II

Jedná se o dvouvřetenové CNC soustružnické obráběcí centrum se dvěma revolverovými hlavami. Stroj se vyznačuje vysokou tuhostí a opakovatelnou přesností obrábění. Na dvě revolverové hlavy je možné nainstalovat až 24 nástrojů. Z toho 12 naháněných.



Obr. 5: Soustružnické obráběcí centrum NAKAMURA WT-150 II

Zdroj: [15]

Tab. 12: Technické údaje NAKAMURA WT-150 II

Zdroj: [15]

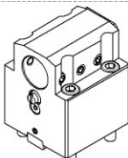
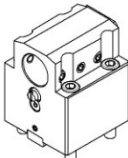
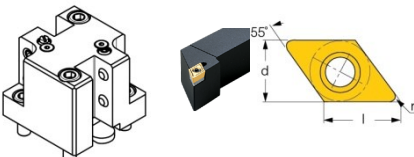
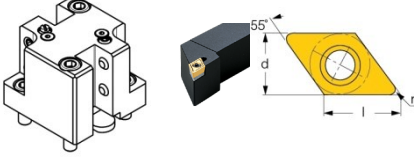

Technické údaje	
Kapacita	Ø 65 mm (průchod vřetena)
Max. průměr obrábění	190 mm
Max. délka soustružení	515 mm
Vzdálenost mezi vřeteny	Max. 800 mm /min 200 mm
Pojezdy a velikost posuvů	
Pojezdy X1/X2	152,5/167,5 mm
Pojezdy Z1/Z2/B	515/515/600 mm
Pojezd Y osy horní revolver	±35 mm
Otáčky vřetene	4500 ot/min
Levé motorové vřeteno	
Výstup	11 kW
Točivý moment	152,8 N m /93,4 N m
Pravé motorové vřeteno	
Výstup	7,5 kW
Točivý moment	89,1 N m /56,7 N m
Horní revolverová hlava	
Číslo hlavy	1
Otáčky vřetena	6000 ot/min
Počet pozic	24
Výkon motoru a točivý	24/16 N m

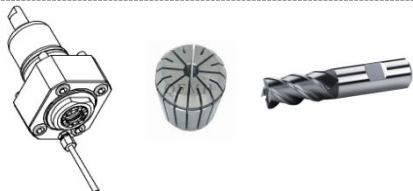
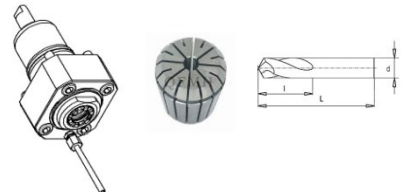


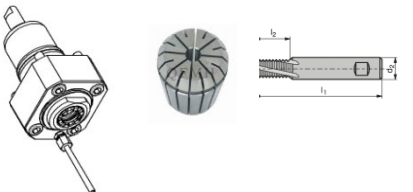

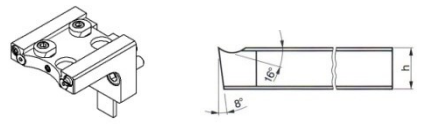
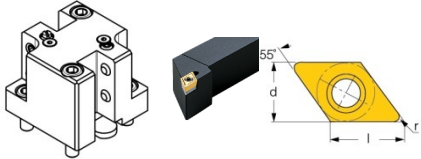
moment	
Rotační systém / počet nástrojových stanic	Individuální rotace /12
Spodní revolverová hlava	
Číslo hlavy	1
Otáčky vřetene	6000 ot/min
Počet pozic	24
Výkon motoru a točivý moment	24/16 N m
Rotační systém / počet nástrojových stanic	Individuální rotace/12
Všeobecné	
Podlaha (LxWxH)	3.674 mm /2.264 mm /1.885 mm
Hmotnost stroje	8.900 Kg

4.2 Použité nástroje

Tab. 13: Přehled použitých nástrojů horní hlava nová technologie

Zdroj: [14]

Horní hlava				
Druh nástroje	Průměr nástroje	Číselné označení	Držáky, upínače	Vizualizace
Tvarový doraz	--	824018010	Držák pro osové nástroje 32mm	
Tvarový doraz	--	824018010	Tvarový doraz pro vyhledávání polohy profilu	
Nůž hrubovací	--	825111003 3600887 5540006	Držák pro soustružnické nože 20/20 -dvojitý Nůž na povrch Břítová destička	
Nůž na čisto	--	825111003 3600887 5540013	Držák pro soustružnické nože 20/20 -dvojitý	
Vrták	Ø3,5mm	801055033	Vrtací frézovací držák ER 25 AX UT	

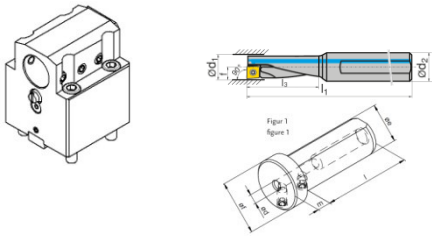
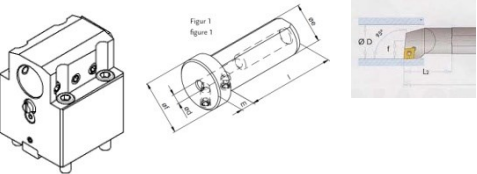
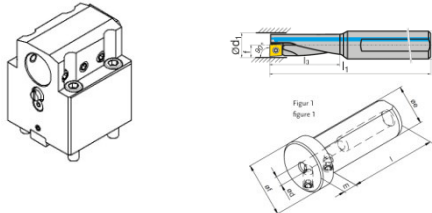
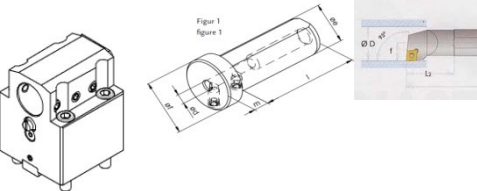
Fréza	Ø6mm	801055033	Vrtací frézovací držák ER 25 AX UT	
Navrtávák	Ø3mm	801055033	Vrtací frézovací držák ER 25 AX UT	
Vrták	Ø4mm	801055033	Vrtací frézovací držák ER 25 AX UT	
fréza	Ø3mm	801055033	Vrtací frézovací držák ER 25 AX UT	
Fréza (pro závit)	M3	801055033	Vrtací frézovací držák ER 25 AX UT	
Vrták	Ø1,5mm	803055092	Úhlový vrtací a frézovací držák ER 25 AX UT	
Upichovák	--	822441300 7	Upichovací držák SH32	
Nůž levý	--	825111003	Držák pro soustružnické nože 20/20 -dvojitý	

Dolní hlava

Tab. 14: Přehled použitých nástrojů dolní hlava nová technologie

Zdroj: [14]

Druh nástroje	Průměr nástroje	Číselné označení	Držáky, upínače	Vizualizace
Nůž na čisto	--	825111003	Držák pro soustružnické nože 20/20 -dvojitý	
(OTOČENÍ DO VOLNÉ POZICE)				
Navrtávák	Ø6 mm	824018010	Držák pro osový nástroj 32mm	
Zapichovací nůž (hl.vř.)	--	825111003	Držák pro soustružnické nože 20/20 -dvojitý	
Zapichovací nůž (protivř.)	--	825111003		
Navrtávák	Ø6 mm	824018010	Držák pro osový nástroj 32mm	
Vrták	Ø 1,53 mm	803055092	Úhlový vrtací a frézovací držák ER 25 AX UT	
Vrták	Ø 1,5 mm		Vrtací frézovací držák ER 25 AX UT	

Eco cut (hl.vř.)	Ø8 mm	824018010	Držák pro osově nástroje 32mm	
Nůž na čisto (hl.vř.)	--	824018010	Držák pro osově nástroje 32mm	
Eco cut (protivř.)	Ø8 mm	824018010	Držák pro osově nástroje 32mm	
Nůž na čisto (protivř.)	--	824018010	Držák pro osově nástroje 32mm	

Upínání hlavní vřeteno

Tab. 15: Detailní popis všech použitých držáků a upínačů hlavní vřeteno

Zdroj: [13]

Označení	Popis	Firma
****	Klešt. Upínač průchozí GT65/a2-6 CZ	Koran
SK65 /3200	Upínací hlavička Spannax 65 prům. 32	DT Technologies

Upínání protivřeteno

Tab. 16: Detailní popis držáku a upínačů protivřetene

Zdroj: [14]

Označení	Popis	Firma
BB206 A5	Sklíčidlo Kitagawa BB206 A5	Kitawaga Europe
132 606 – KM-WBL	Čelisti měkké upravené, upínací průměr 30-0,1	Schunk

4.3 Změny oproti stávající technologii výroby těla snímače

Původní způsob výroby uvedeného typu dílce (těla snímače) s 9 výrobními operacemi byl poměrně složitý, časově náročný, vyžadoval vysokou kázeň a kvalifikaci pracovníků a v neposlední řadě byl nákladný. Proto se hledaly cesty k zjednodušení této výroby. Jako schůdné řešení se ukázala tato výroba na dvouvřetenovém soustružnickém obráběcím centru se dvěma revolverovými hlavami Nakamura WT-150II, které bylo do firmy v daném období pořízeno. Výroba na tomto stroji je jednodušší a efektivnější hlavně z toho důvodu, že se celý dílec kompletně zhotoví v jedné výrobní operaci, problémem ale bylo napolohování obrábění vůči středové přepážce. Toto napolohování se nakonec díky tomu, že je stroj Nakamura WT/150II vybaven možností jemného měření odporu na vřetenu, vyřešilo zařazením speciálního měřicího cyklu, kterým se ve spojení s *namíru vyrobeným atypickým dorazem* se dvěma různě velkými trny podařilo výchozí profil ustavit pro obrábění tak, že obrábění vychází vždy ze správně napolohovaného výchozího profilu.

Popis výroby těla snímače na stroji Nakamura WT-150II:

Prvním krokem před zahájením obrábění každého kusu je vysunutí materiálu, jeho upnutí ve vřetenu, napolohování výchozího bodu obrábění vůči středové přepážce v polotovaru a zapsání polohy výchozího bodu obrábění do parametrů stroje. Napolohování probíhá pomocí dorazu se dvěma tvarovými trny, jedním větším a druhým menším. Nejdříve v axiálním směru přijede až k upnutému čelu výchozího profilu doraz svou částí s větším trnem a odzkouší, zda vjede do otvoru či narazí na středovou přepážku. Pokud doraz nevjede do otvoru, odjede o kousek zpět, vřeteno pootočí materiálem a pak znovu přijede trn k vyzkoušení, zda již vjede do otvoru. Takto se cyklus opakuje do doby, než větší trn dorazu vjede do otvoru. Až se to podaří, zapíše se tato poloha do parametrů stroje a tím je výchozí materiál nahrubo ustaven. Potom se přesunutím dorazu vymění měřicí větší trn za menší, kterým se zajede do již nahrubo ustaveného otvoru. Pak se vřeteno s materiálem začne pomalu otáčet na jednu stranu až do doby, kdy se trn dotkne příčky. V tom okamžiku začne stoupat odpor proti otáčení a natáčení se vypne. Potom se vřeteno začne otáčet na druhou stranu opět až do chvíle, než se dotkne příčky z druhé strany. Z parametrů zjištěných v obou krajních bodech natočení se strojně propočte středový bod, ten se zapíše do parametrů stroje a do tohoto bodu se pak natočí vřeteno.

Natočením do středového bodu je ukončeno polohování polotovaru a poté již následuje obrábění z první strany. Materiál je upnutý s částečným vysunutím do pracovního prostoru stroje v prvním vřetenu. Při tomto upnutí se obrobí rotační plochy prvního konce dílce včetně zhotovení otvorů, závitů i zahloubení po obvodu i v čele dílce s přihlédnutím na přídavek materiálu na vnějším průměru konce součásti.

Po této první části obrábění přijede protivřeteno, povytáhne materiál o vzdálenost překračující délku dílce, materiál se znovu upne a pak je nožem přesoustružen celý vnější průměr dílu.

V dalším kroku je kus přechycen v protivřetenu ve vzdálenosti kratší než k neobrobenému druhému konci dílu a obráběný díl je pak z polotovaru odpíchnut od výchozího materiálu s čelním přídavkem na další obrábění.

Poté protivřeteno odjede s odpíchnutým kusem na druhou stranu pracovního prostoru a tam dochází ke kompletnímu dokončení obrábění dílu z druhé strany.

Po dokončení obrábění z druhé strany je hotový kus odebrán z pracovního prostoru odebírací rukou stroje.

Po ukončení obrábění následuje již jen hrotování po obrábění, které se provádí s prakticky shodnými podmínkami, jako v případě původního způsobu výroby. Po něm následují již jen zcela shodné operace čištění a konečné kontroly a nakonec opět dvě závěrečné kooperační operace, tedy předepsaná operace "extrude gehont" a chemické leštění hotové součástky.

5 Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Zhodnocení výhodnosti nového řešení výroby těla snímače je provedeno na základě vyčíslení rozdílů v nákladech na výrobu oběma způsoby a jejich vzájemným porovnáním. Náklady na tuto výrobu byly převzaty z firemních podkladů a propočtů v informačním systému TPV2000 pro typickou výrobní dávku daného výrobku 500 ks dle specifického vnitrofiremního kalkulačního vzorce.

Z uvedených propočtů vyplývá následující:

Výroba stávajícím způsobem

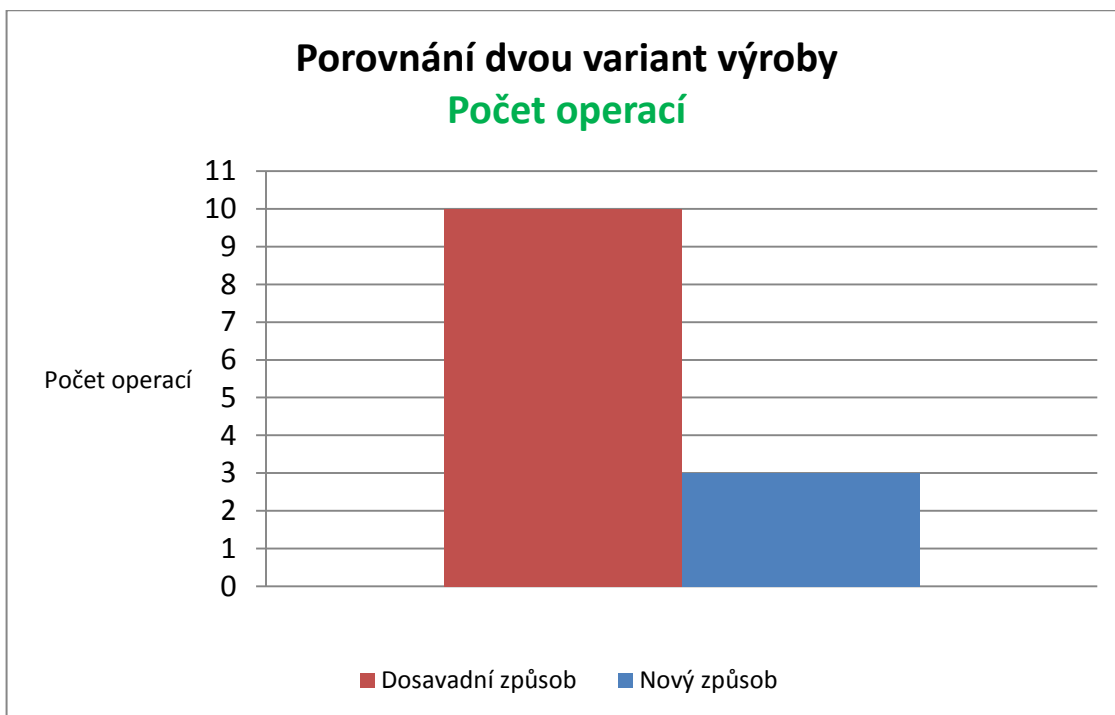
- spotřeba výrobního času v celkem 10 výrobních operacích prováděných na různých pracovištích s různými strojními sazbami – 29,08 min/ks;
- cena materiálu pro 1 kus – 187,73 Kč/ks;
- vlastní náklady na tuto výrobu – 429,80 Kč/ks;
- správní náklady – 24,23 Kč/ks;
- úplné vlastní náklady (ÚVN) – 454,04 Kč/ks.

Výroba novým způsobem

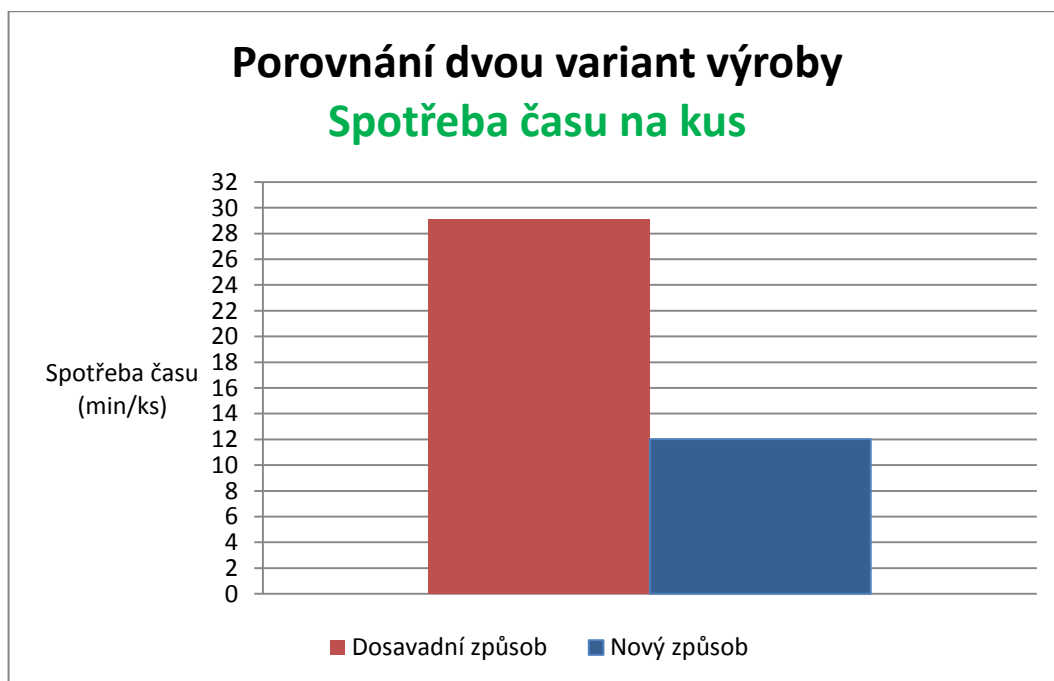
- spotřeba výrobního času v celkem 3 výrobních operacích opět prováděných na různých pracovištích s různými strojními sazbami – 12,02 min/ks;
- cena materiálu pro 1 kus – 187,73 Kč/ks;
- vlastní náklady na tuto výrobu – 374,47 Kč/ks;
- správní náklady – 10,85 Kč/ks;
- úplné vlastní náklady (ÚVN) – 385,32 Kč/ks.

Tab. 17: Porovnání obou variant výroby

	Původní způsob	Nový způsob	Úspora novým způsobem
Počet operací	10	3	7
Spotřeba času	29,08 min	12,02 min	17,06 min
Cena materiálu	187,73 Kč/ks	187,73 Kč/ks	187,73 Kč/ks
ÚVN/ks	454,04 Kč/ks	385,32 Kč/ks	68,72 Kč/ks
ÚVN/dávka	227 020 Kč	192 660 Kč	34 360 Kč



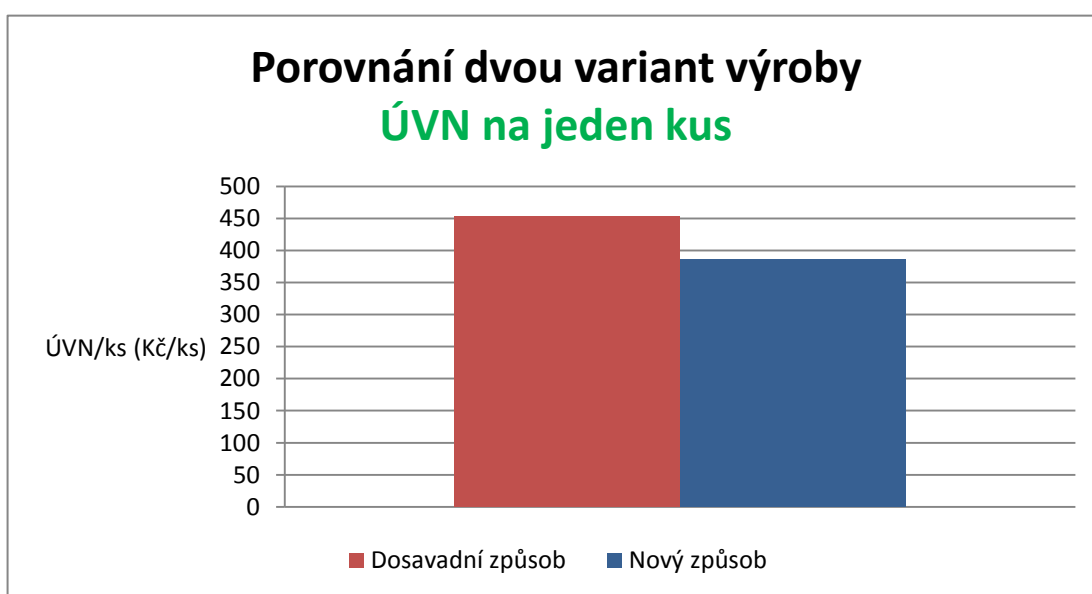
Obr. 6: Porovnání dvou variant výroby



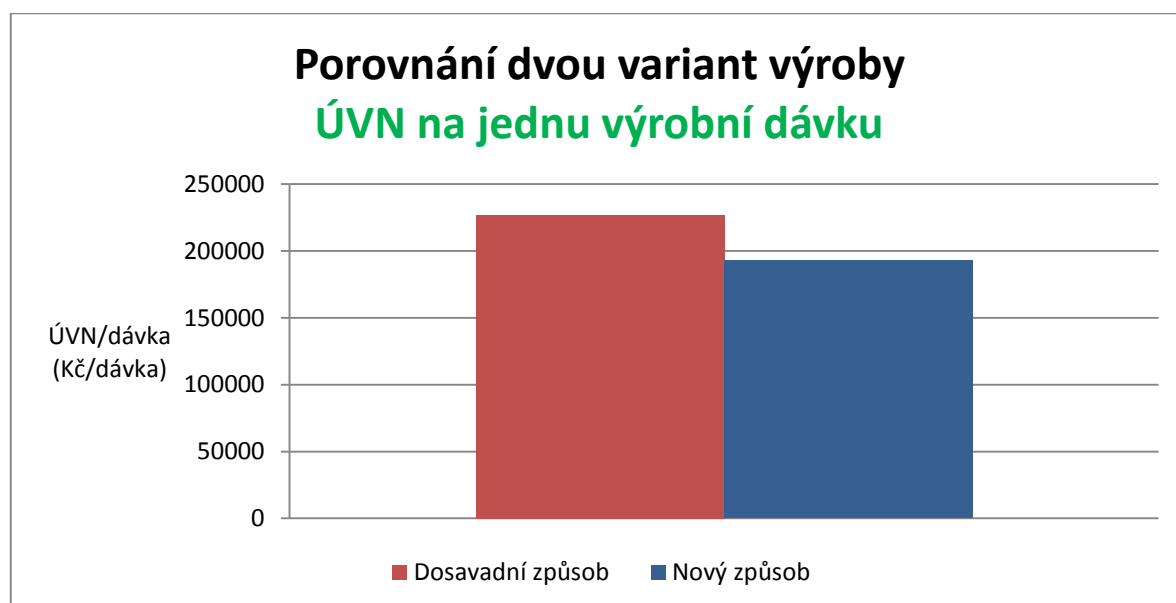
Obr. 7: Spotřeba času na kus

5.1 Závěr vyplývající z technicko-ekonomického zhodnocení navrhovaného řešení.

Z uvedeného porovnání vyplývá, že se novým způsobem značně snížil počet výrobních operací (o 70 %) i celková pracnost výroby (o 58,66 %), již méně se snížily úplné vlastní náklady výroby (o 15,13 %). Tento nepoměr je dán výrazně odlišnými strojními sazbami starších strojů používaných při dosavadním způsobu výroby a nového stroje využívaného při novém postupu výroby. I tak se při každé výrobní dávce šetří novým způsobem 34360 Kč v ÚVN oproti původnímu, což při roční výrobě cca 2000 ks znamená úsporu v ÚVN 137440 Kč.



Obr. 8: ÚVN na jeden kus



Obr. 9: ÚVN na jednu výrobní dávku

K výsledným uvedeným úsporám je nutno dále přičíst také další výhody nového způsobu výroby:

- značné zjednodušení a urychlení průchodu výrobní zakázky dílnou;
- menší počet seřizování znamenající i pravděpodobnost nutnosti menšího počtu seřizovacích kusů;
- kusy prochází značně menším počtem operací s minimem mezioperační přepravy a skladování, kdy se i přes opatrnou manipulaci většinou několik do té doby shodných kusů poškodí a musí se v lepším případě opravovat, nebo při výraznějším poškození i vyměňovat;
- významná výhoda nového řešení spočívá v rychlém přeseřazení výroby na jiný typ výrobku stejného charakteru (těch se v současné době vyrábí přes 20 typů a další typy se připravují do výroby), čímž se vedle hodně znatelné časové úspory výrazně zlepšila možnost reakcí na poměrně často se měnící požadavky zákazníka projevující se změnami jeho priorit na dodávky jednotlivých typů dílců a tím se podstatně snížila reakční doba na provádění změn ve výrobě dílů daného charakteru.

6 Závěr bakalářské práce

Zásadním cílem této bakalářské práce byla racionalizace technologie obrábění těla snímače. V úvodu bylo nutné se seznámit s výrobními možnostmi společnosti MESIT machining, s.r.o.

Dále zhodnotit (zanalizovat) stávající stav technologie výroby. Racionalizace spočívá ve snížení počtu strojů, počtu operací, času a celkové pracnosti výroby a v neposlední řadě ve výrazném snížení úplných vlastních nákladů na výrobu. Tohoto bylo dosaženo převedením kompletní výroby dílu pouze na jeden stroj a taktéž použitím speciálního *na míru vyrobeného atypického dorazu se dvěma různě velkými trny*.

Výsledkem racionalizace je návrh *úplně* nové technologie výroby těla snímače, který splňuje veškeré technologické i ekonomické požadavky dané výroby a tudíž je vhodná k realizaci ve společnosti MESIT machining, s.r.o

V navrhované technologii výroby byl kladen hlavní důraz na vysokou kvalitu, přesnost a hospodárnost výroby, které nebylo možné dosáhnout původním způsobem na klasických a zastaralých CNC strojích.

7 Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Marku Sadílkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce.

Děkuji také společnosti MESIT machining s.r.o. za umožnění vypracování bakalářské práce. Ing. Pavlu Daňhelovi a jeho týmu za cenné připomínky a rady při vypracování klíčových částí bakalářské práce.

8 Seznam použité literatury

- [1.] *Be group s.r.o* [online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: <http://www.begroup.com/cz/BE-Group-Czech-Republic/Produkty/Hlinik-1/znaeni-hliniku-a-jeho-slitin-v-stav/>
- [2.] *Strojmetal s.r.o: Tabulka slitin hliníku* [online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z: <http://www.strojmetal.cz/tabulka-slitin>
- [3.] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [4.] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. *Technické kreslení*. 2., opr. vyd. Brno: Computer Press, 2007. Učebnice (Computer Press). ISBN 978-80-251-1887-0.
- [5.] *Encyklopedie hliníku* [CD-ROM]. Děčín: Alcan Děčín Extrusions, 2005. ISBN 80-89041-88-4.
- [6.] *Alupa s.r.o: Vlastnosti profilů* [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: <http://www.alupa.cz/produkty/vlastnosti-profilu.htm>
- [7.] *Pegas-gonda s.r.o: Pásová pila 350x400 A-CNC-LR* [online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z: http://www.pegas-gonda.cz/cz/pily/pasova-pila-na-kov-pegas_114.htm
- [8.] *MESIT machining s.r.o: Firemní literatura* [online]. [cit. 2016-03-09]. Dostupné z: <http://www.ronex.mesit.cz/>
- [9.] *Tumlikovo s.r.o: Univerzální hrotový soustruh SV 18 ra* [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/hrotovy-soustruh-sv18-ra/>
- [10.] *HAAS Inc.: Revolverový soustruh Haas ST-30* [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z: http://int.haascnc.com/mt_spec1.asp?intLanguageCode=1029&id=ST-30&webID=2AXIS_STD_LATHE
- [11.] *HAAS Inc.: Vertikální obráběcí centrum Haas VF-2SS* [online]. [cit. 2016-03-11]. Dostupné z: http://int.haascnc.com/we_spec1.asp?intLanguageCode=1029&id=VF-2SS&sizeID=30_40INCH_VMC

- [12.] *HAAS Inc.: Haas VF4 obráběcí centrum* [online]. [cit. 2016-03-12]. Dostupné z: http://www.haascnc.com/mt_spec1.asp?id=VF-4&webID=40_TAPER_STD_VMC#gsc.tab=0
- [13.] *AB SANDVIK COROMANT-SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění: kniha pro praktiky*. 1. čes. vyd. Praha: Scientia, 1997. ISBN 91-972299-4-6.
- [14.] *Hoffman group s.r.o: Mono obráběcí nástroje* [online]. [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/Mono-obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD/c/1>
- [15.] *Nakamura Tome WT-150 II* [online]. [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.nakamura-tome.co.jp/products/en/turret/wt-150.html>

9 Seznam obrázků

Obr. 1: Tělo snímače-nákres	10
Obr. 2: Rozdělení třísek podle tvaru	12
Obr. 3: Polotovár těla snímače.....	15
Obr. 4: Značení navrtávků	22
Obr. 5: Soustružnické obráběcí centrum NAKAMURA WT-150 II.....	27
Obr. 6: Porovnání dvou variant výroby	35
Obr. 7: Spotřeba času na kus	35
Obr. 8: ÚVN na jeden kus	36
Obr. 9: ÚVN na jednu výrobní dávku.....	37

10 Seznam tabulek

Tab. 1: Chemické složení EN AW 6063 (%).....	13
Tab. 2: Vlastnosti a chemické složení EN AW 6063	15
Tab. 3: Stávající technologický postup výroby těla snímače.....	16
Tab. 4: Rámcový Stávající technologický postup výroby těla snímače	16
Tab. 5: Kontrola při obrábění ploch vnějších	19
Tab. 6: Kontrola při řezání závitů	20
Tab. 7: Seznam strojů	20
Tab. 8: Seznam nástrojů Stávající technologický postup	21
Tab. 9: Seznam měřidel Stávající technologický postup	21
Tab. 10: Nový technologický postup výroby těla snímače.....	25
Tab. 11: Rámcový Nový technologický postup výroby těla snímače	25
Tab. 12: Technické údaje NAKAMURA WT-150 II	27
Tab. 13: Přehled použitých nástrojů horní hlava nová technologie.....	28
Tab. 14: Přehled použitých nástrojů dolní hlava nová technologie.....	30
Tab. 15: Detailní popis všech použitých držáků a upínačů hlavní vřeteno	31
Tab. 16: Detailní popis držáku a upínačů protivřetene	31
Tab. 17: Porovnání obou variant výroby	34

11 Seznam příloh

Příloha A	Výkres polotovaru (č. v. BRI0022-01)
Příloha B	Výkres těla snímače (č. v. BRI0022-02)
Příloha C	Výkres zapichovacího nože pravého (č. v. BRI0022-03)
Příloha D	Výkres zapichovacího nože levého (č. v. BRI0022-04)
Příloha E	Výkres hrot upravený (č. v. BRI0022-05)
Příloha F	Výkres polohovacího dorazu (č. v. BRI0022-06)
Příloha G	Programovací list č. 8500 (elektronická podoba)
Příloha H	Programovací list č. 8501 (elektronická podoba)
Příloha I	Programovací list č. 3783 (elektronická podoba)
Příloha J	Programovací list č. 3784 (elektronická podoba)
Příloha K	Programovací list č. 0007 (elektronická podoba)
Příloha L	CD obsahující: <ul style="list-style-type: none">• Bakalářská práce ve formátu.pdf• 3D modely ve formátu.stp• Výkresy ve formátu.pdf